

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-008572
(43)Date of publication of application : 11.01.2002

(51)Int.Cl. H01J 35/08
G21K 1/00
G21K 5/04
H01J 35/14

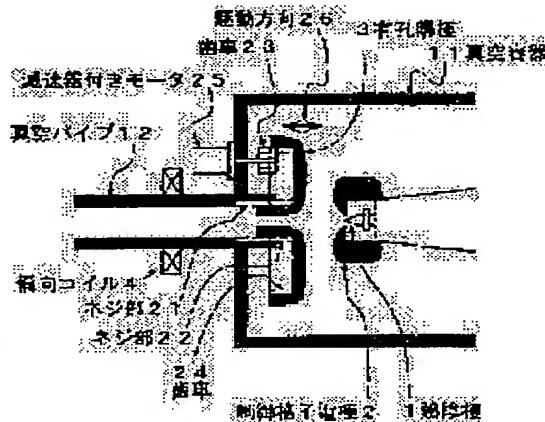
(21)Application number : 2000-183882 (71)Applicant : SHIMADZU CORP
(22)Date of filing : 20.06.2000 (72)Inventor : UKITA MASAAKI
TAKUBO KENJI

(54) X-RAY TUBE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an X-ray tube which can produce a high-definition perspective image through micronization of an X-ray tube focus in a wide range of tube voltage.

SOLUTION: Electron emitted from a thermionic cathode 1 is drawn out by a control grid electrode 2, which electron beam is accelerated by a perforated positive electrode 3. A motor with a decelerator 25 is operated to move the perforated positive electrode 3 to a driving direction 26 through screw parts 22, 21, with which a crossover diameter of the electron beam is diminished, and the electron beam is introduced into a vacuum pipe 12. Then, a direction is adjusted by a convergence coil 4, and the beam is irradiated at a target by converging it with the convergence coil. An X-ray tube focus is micronized by moving the perforated positive electrode 3 to and fro according to the tube voltage, and a high-definition perspective image can be obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

(19)日本国特許庁 (JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-8572

(P2002-8572A)

(43)公開日 平成14年1月11日(2002.1.11)

(51) Int. Cl. 7
 H 01 J 35/08
 G 21 K 1/00
 5/04
 H 01 J 35/14

識別記号

F I
 H 01 J 35/08
 G 21 K 1/00
 5/04
 H 01 J 35/14

テ-コト[®] (参考)Z
X
F

審査請求 未請求 請求項の数2 OL (全5頁)

(21)出願番号 特願2000-183882 (P2000-183882)

(22)出願日 平成12年6月20日 (2000.6.20)

FP03-0058-00W0-HP
 '03.5.20
 SEARCH REPORT

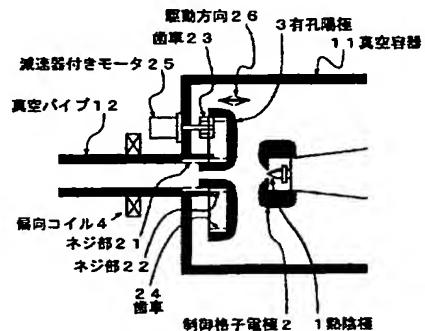
(71)出願人 000001993
 株式会社島津製作所
 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地
 浮田 昌昭
 京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内
 田嶋 健二
 京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内
 (74)代理人 100097892
 弁理士 西岡 義明

(54)【発明の名称】X線管

(57)【要約】

【課題】 広い管電圧の範囲でX線管焦点を微小化し、高精細な透視画像を得ることができるX線管を提供する。

【解決手段】 热陰極1からの放出電子を制御格子電極2によって引出し、有孔陽極3によってその電子ビームを加速する。使用する管電圧に応じて、減速器付きモータ25を動作させ、有孔陽極3を歯車23、24、ネジ部22、21を介して、駆動方向26に移動させる。それにより電子ビームのクロスオーバーの直径を小さくして真空パイプ12内に電子ビームを導入する。そして偏向コイル4により方向を調整し、さらに、収束コイルで収束してターゲットに照射する。管電圧に応じて有孔陽極3を前後に移動させてX線管焦点を微小化し、高精細な透視画像を得ることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】熱陰極フィラメントと、制御格子電極と、放出された電子ビームを加速し中央に通過孔を有する有孔陽極と、加速された電子ビームをターゲット上に収束させる電磁レンズと、ターゲットとを設け、ターゲットから透過又は反射してX線を射出するX線管において、前記有孔陽極の位置を陰極に対して前後に移動できる移動手段を備えることを特徴とするX線管。

【請求項2】熱陰極フィラメントと、制御格子電極と、放出された電子ビームを加速し中央に通過孔を有する有孔陽極と、加速された電子ビームをターゲット上に収束させる電磁レンズと、ターゲットとを設け、ターゲットからX線を射出するX線管において、前記有孔陽極と陰極との距離が可変とできるよう、形状の異なる複数種類の有孔陽極または陰極のいずれかまたは両方を着脱する着脱手段を備えることを特徴とするX線管。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、X線管に係わり、特に、電子ビームを有孔陽極の孔を通してターゲットに収束させるために、加速電圧に対応した陰極と陽極間の距離を調整するX線管に関する。

【0002】

【従来の技術】微細な内部構造を非破壊検査法で観察する手法が各分野で要求されている。例えば半導体パッケージングの開発や実装検査・品質保証のために、微小焦点を有するX線管を使って内部の欠陥などが調べられている。このようなX線管は一般に「マイクロフォーカスX線管」と呼ばれており、以下マイクロフォーカスX線管と称する。このマイクロフォーカスX線管は真空容器内で熱陰極から出発した電子ビームを電子レンズにより収束させて、タンクステンなどの重元素材料からなるターゲット上の直径 $1\text{ }\mu\text{m} \sim 200\text{ }\mu\text{m}$ の寸法の微小領域に打ち込み、そこで生じるX線を利用するものである。マイクロフォーカスX線管のうち、特に焦点寸法が微小化できるものは、開放型と呼ばれるタイプのものである。開放型のマイクロフォーカスX線管は、真空容器の開閉機構と、真空排気ポンプを具備しており、熱陰極やターゲット材を交換できるという特徴をもつ。このため、開放型のマイクロフォーカスX線管では熱陰極やターゲットの寿命を犠牲にして陰極の熱陰極の温度を上げて焦点寸法を微細化したり、高管電圧、高管電流の条件で焦点寸法を微細化することが可能である。開放型のマイクロフォーカスX線管は、さらに透過型と反射型と呼ばれる2つのタイプに分類される。透過型では、ターゲット面から見て電子ビームと出力X線が反対側に位置するのに対し、反射型では、ターゲット面から見て電子ビームと出力X線が同一側に位置する。透過型、反射型とも、電子ビームをターゲット上の微小領域に収束してX線の焦点寸法を微細化する機構は同じである。例として、図3

に開放型のマイクロフォーカスX線管のうち、透過型のものの断面構造を示す。このX線管は、高電圧碍子14に保持されたカソード部の熱陰極1と、熱陰極1から放出された電子をビームとして成形する静電レンズとして機能する制御格子電極2と、電子を加速する有孔陽極3と、有孔陽極3の中央の穴を通過し真空パイプ12の中の電子ビーム8の方向を調整する偏向コイル4と、調整された電子ビーム8を収束するヨーク6内に格納された収束コイル5と、収束された電子ビーム8が衝突しX線を放射するターゲット7と、各部はO-リング(図示せず)で互いに真空密に連結されており、ターボポンプとロータリーポンプ(図示せず)による2段引きの真空ポンプ13に接続された真空容器11とから構成されている。カソード部は高電圧碍子14に高圧ケーブルが挿し込まれ、ウエルルトの電極とフィラメントからなる熱陰極1に負の高電圧が印加される。アノード部のターゲット7、ヨーク6、真空パイプ12及び真空容器11の外装は、接地電位に保たれている。高圧ケーブル(図示されていない)から熱陰極1に電圧が印加され電流が流れ加熱されると、熱電子が放出され制御格子電極2によって引き出され、有孔陽極3に向かって加速される。制御格子電極2と有孔陽極3で形成される電子レンズにより、電子ビーム8は断面直径が $1.0 \sim 500\text{ }\mu\text{m}$ の領域に収束されるクロスオーバー9を形成する。そして、電子ビーム8は有孔陽極3の中央の孔を通り偏向コイル4により、その方向が調整される。そして収束コイル5によって、微小な径の電子ビーム8に収束され、ターゲット7に突入する。

【0003】ターゲット7は、アルミニウムの厚み $T=0.5\text{ mm}$ 程度のX線透過窓上の内側にマウントされている。ターゲット7は、例えば、厚さが $5\text{ }\mu\text{m}$ 程度のタンクステンが使われたり、ターゲット材をX線透過窓に直接成膜したりしている。このターゲット7に電子ビーム8が突入するとそこでX線10を放射する。その放射方向は、指向性を持っており、透過した方向のX線10を利用している。X線管のX線条件は、管電圧が $5 \sim 160\text{ kV}$ 、管電流が $\sim 0.3\text{ mA}$ 程度で、マイクロフォーカスX線管の場合、ターゲット7上の電子ビーム8の断面直径は、近似的に、クロスオーバー9の直径に電子レンズの倍率を乗じた値となり、通常その値は焦点寸法として、 $0.3 \sim 200\text{ }\mu\text{m}$ となる。このX線管の微焦点化のためには、クロスオーバー9の直径を小さくすることが重要である。マイクロフォーカスX線管において電子ビームのクロスオーバーの直径を小さくするためには、陽極-陰極間の電界強度を大きくすることが必要である。これは、陽極-陰極間の電界強度が小さい場合、空間電荷効果により熱陰極の電子放出面積が大きくなり、ひいては電子ビームのクロスオーバーも大きくなってしまうからである。図4、図5に、この現象を模式的に示す。低電界の場合(図4(b))、空間電荷効果

により熱陰極1表面の出射電子密度が低くなり、同じ管電流でも高電界の場合(図4(a))に比べて電子放出面積が大きくなってしまう。陰極表面の電子放出面積が大きくなると、電子ビーム8の断面積が大きくなり、クロスオーバー9の直径も大きくなるので、結果的に低電界の場合(図5(b))では高電界の場合(図5(a))に比べてX線焦点の寸法が大きくなってしまう。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来における開放型のマイクロフォーカスX線管では、陽極-陰極間の距離が、定格管電圧に耐えうる絶縁強度を持つ距離に固定されているので、このX線管を低い管電圧で使用する場合、陽極-陰極間の電界強度が小さくなり、空間電有効果により電子ビーム8のクロスオーバー9の直径が大きくなってしまうので、高い管電圧で使用する場合に比べてX線焦点20の寸法が大きくなってしまうという問題がある。

【0005】本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、高電圧でも低電圧でも広い管電圧範囲で、X線焦点の寸法を微小化することができるX線管を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため本発明のX線管は、熱陰極フィラメントと、制御格子電極と、放出された電子ビームを加速し中央に通過孔を有する有孔陽極と、加速された電子ビームをターゲット上に収束させる電磁レンズと、ターゲットとを設け、ターゲットから透過又は反射してX線を射出するX線管において、前記有孔陽極の位置を陰極に対して前後に移動できる移動手段を備えるものである。管電圧が高くなるほど陰極との距離が広がるよう、移動手段は有孔陽極を移動させる。

【0007】また本発明のX線管は、熱陰極フィラメントと、制御格子電極と、放出された電子ビームを加速し中央に通過孔を有する有孔陽極と、加速された電子ビームをターゲット上に収束させる電磁レンズと、ターゲットとを設け、ターゲットからX線を射出するX線管において、有孔陽極と陰極との距離が可変となるよう形状の異なる複数種類の有孔陽極または陰極のいずれかまたは両方を着脱する着脱手段を備えるものである。

【0008】本発明のX線管は上記のように構成されており、X線管の外部より有孔陽極の位置を陰極に対して前後に移動することで、また、X線管を開放し、有孔陽極に形状の異なる複数種類の有孔陽極を着脱することができるので、陰極と陽極間の電界強度を変化させて、即ち、広い管電圧の範囲でX線焦点の寸法を微小化させて用いることが出来る。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明のX線管の一実施例を図1

を参照しながら説明する。図1は、本発明のX線管の有孔陽極3と陰極の制御格子電極2との部分の断面を示す図である。本X線管は、陰極を構成する熱陰極1と制御格子電極2と、陽極を構成する駆動機構を備えた有孔陽極3と、加速された電子ビーム8の方向を調整する偏向コイル4と、その電子ビーム8を収束させる収束コイル5(図示せず)と、収束された電子ビーム8が衝突しX線を発生するターゲット7(図示せず)とから構成されている。本発明のX線管は、図3に示す従来のX線管と電極構成は同じであるが、従来の有孔陽極3は固定されているのに対し、図1の本X線管の有孔陽極3は、前後に移動できる駆動機構を備えている。有孔陽極3に連結された駆動機構は、有孔陽極3が制御格子電極2に対し前後に移動することが出来る機構を備えている。減速器付きモータ25が真空容器11の有孔陽極3の近辺の外側に設けられ、その駆動軸の真空容器11の内部に歯車23が取付けられている。歯車23は内側に設けられた有孔陽極3の歯車24と噛み合い、有孔陽極3を回転させる。有孔陽極3が回転すると真空パイプ12のネジ部21に沿って有孔陽極3のネジ部22が回転し、有孔陽極3の駆動方向26に前後に移動する。この駆動機構を付けることにより、真空容器11を開放することなく、外部から有孔陽極3と制御格子電極2間の距離を変えることが出来る。

【0010】次に、本発明のX線管の他の実施例を図2を参照しながら説明する。図2は、本発明のX線管の有孔陽極3と陰極の制御格子電極2との部分の断面を示す図である。(a)は有孔陽極3aと制御格子電極2の距離を離して、高電界で使用する場合を示す。(b)は有孔陽極3bと制御格子電極2の距離を近づけて、低電界で使用する場合を示す。本X線管は、陰極を構成する熱陰極1と制御格子電極2と、陽極を構成する着脱可能な有孔陽極3a(又は3b)と、有孔陽極3a(又は3b)を交換するために真空容器蓋部11bと真空容器本体11aをハンジ27を介して開放する機構を有した真空容器11と、有孔陽極3a(又は3b)の内側とそれを保持する真空パイプ12に設けられたネジ嵌合部28と、加速された電子ビーム8の方向を調整する偏向コイル4と、その電子ビーム8を収束させる収束コイル5(図示せず)と、収束された電子ビーム8が衝突しX線を発生するターゲット7(図示せず)とから構成されている。本X線管は、ハンジ27を中心にして、真空容器本体11aから真空容器蓋部11bを開放することが出来る機構を備えている。そして、大きさと形状の異なる有孔陽極(3a, 3b)を真空パイプ12のネジ嵌合部28にねじ込んで真空容器蓋部11b上に取付けることができる。それにより有孔陽極3a(又は3b)から制御格子電極2間の距離を変更することができ、その両者間の電界強度を変更することが出来る。図2の(a)は、両者間の距離を離して高電圧で使用する場合

の例で、距離を離して電子ビーム8のクロスオーバー9の直径を小さくした例である。(b)は、両者間の距離を近づけて低電圧で使用する場合の例で、逆に距離を近づけて電子ビーム8のクロスオーバー9の直径を小さくした例である。本実施例では、形状の異なる有孔陽極を着脱することにより陽極から陰極管までの距離を可変とした例を示したが、陰極について、形状の異なる数種類の陰極を着脱する方法によっても同様の効果が得られる。なお、陰極を着脱する場合には、陰極と制御格子電極が一体化したアセンブリを着脱する方法が望ましい。これは、X線管においては陰極の先端と制御格子電極の相対位置が±0.1mm程度の精度で調整されなければならぬという事情による。

【0011】真空の絶縁強度は約10kV/mmであるが、実用上は安全をみて、通常11kV/mmの絶縁強度をもとに制御格子電極2から有孔陽極3までの距離を決定している。図3に示すX線管の定格管電圧は一例として160kVであり、この定格管電圧に耐える制御格子電極2から有孔陽極3までの距離は18mmとなる。一般に、工業用X線管では、使用者は透視しようとする試料の材質や厚さに応じて管電圧を随時変更するので、定格電圧よりかなり低い管電圧で使用されることは、実際にしばしば起こり得ることである。例えば、定格管電圧160kVのX線管が、30kVの管電圧でしばしば使用される。この管電圧30kVの場合、絶縁上は、制御格子電極2から有孔陽極3までの距離は3.3mm以上あれば十分である。本発明の図1に示すX線管の駆動機構を用いて、有孔陽極3の位置を制御格子電極2に近づけると、制御格子電極2から有孔陽極3間の電界強度が大きくなるので電子ビームのクロスオーバーの直径を小さくすることが出来る。制御格子電極2から有孔陽極3までの間の距離が近づきすぎると、制御格子電極2の窪みが作る静電レンズの効果が弱くなるので、実際には制御格子電極2から有孔陽極3までの間の距離が3.3mm以上の範囲で、電子ビーム8のクロスオーバー9、ひいては、X線管焦点サイズが最小になるように、有孔陽極3の位置を調整する。なお上記の管電圧、制御格子電極2から有孔陽極3までの間の距離は一例を示したものである。また本発明のX線管はマイクロフォーカスX線管として適用できることはもちろん可能である。

【0012】また、本発明のX線管は、X線がターゲット7を透過して電子ビーム照射面の反対側に出力される「透過型」と呼ばれるX線管と、X線がターゲット7の電子ビーム照射面側に出力される「反射型」と呼ばれるX線管に実施できる。また、本発明のX線管は、図1で説明した所定の形状をした有孔陽極3を用いてそれを移動させるものと、図2で説明した予め形状の異なる有孔陽極(3a、3b等)を複数種類準備しておき、使用する管電圧に応じて最適な形状を有する陽極に交換するものとの形態に適用される。後者のものは、消耗品である

熱陰極を交換できる、いわゆる開放型のマイクロフォーカスX線管としても容易に実現できる。

【0013】

【発明の効果】本発明のX線管は上記のように構成されており、使用者は、予め透視しようとする試料の材質や厚さによって、X線管電圧を想定し、X線管容器の外部に設けられ陽極を移動させる機構により、適正な位置に陽極を移動させて、又は、X線管を開放し、陽極に形状の異なる陽極を着脱して、その管電圧で陽極と陰極間の電界強度を変え、電子ビームのクロスオーバーの直径を小さくして、ターゲット上の微小領域へ収束させることができ。従って、広い管電圧の範囲でX線管焦点を微小化することができ、それにより高精細な透視画像を得ることが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のX線管の一実施例を示す図である。

【図2】 本発明のX線管の他の実施例を示す図である。

【図3】 従来のX線管の構造断面を示す図である。

【図4】 X線管の熱陰極の電子放出面の広がりを説明するための図である。

【図5】 X線管の電子ビームクロスオーバーの広がりを説明するための図である。

【符号の説明】

1…熱陰極

2…制御格子電極

3、3a、3b…有孔陽極

4…偏向コイル

5…収束コイル

6…ヨーク

7…ターゲット

8…電子ビーム

9…クロスオーバー

10…X線

11…真空容器

11a…真空容器本体

11b…真空容器蓋部

12…真空パイプ

13…真空ポンプ

14…高電圧碍子

15…電子

16…電界

17…電子の進行方向

18…電子同士の斥力

19…電子放出面

20…X線焦点

21…ネジ部

22…ネジ部

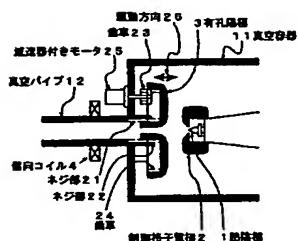
23…歯車

24…歯車

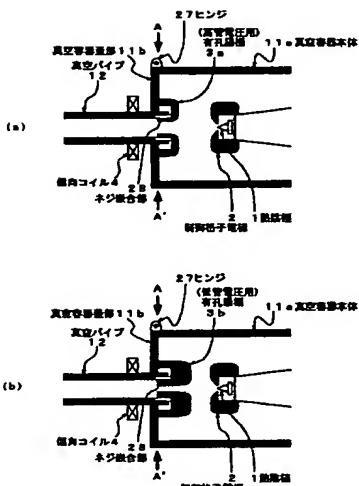
25…減速器付きモータ
26…駆動方向

27…ヒンジ
28…ネジ嵌合

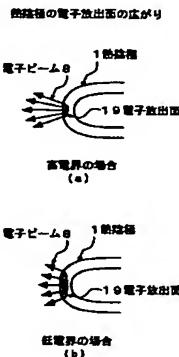
[図1]



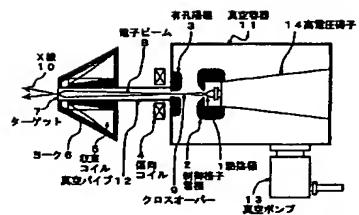
〔圖2〕



[図4]



〔図3〕



[図5]

